

Pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Arif Gunawan, Arisco Oktafeni, dan Wahyuni Khabzli
Jurusan Teknik Elektronika Telekomunikasi, Politeknik Caltex Riau
Jl. Umban Sari (Patin) No. 1, Rumbai, Pekanbaru 28265
e-mail: agun@pcr.ac.id

Abstrak— Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tindakan pemadaman listrik secara bergilir yang sering dilakukan oleh pihak PLN di Riau. Pasokan listrik yang lebih kecil dibandingkan dengan konsumsinya menyebabkan kurangnya persediaan listrik PLN. Oleh karena itu perlu disediakan sumber energi alternatif baru, contohnya tenaga listrik mikrohidro atau yang lebih dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PLTMH ini merupakan sumber energi alternatif baru yang menggunakan sumber daya alam yang tak pernah habis, salah satunya air. Penelitian ini merancang sistem pemantauan PLTMH. PLTMH yang dipantau menggunakan kincir air yang terbuat dari plat sepeda yang dipasang pipa paralon untuk penampung air jatuh sebagai penggerak kincir. Putaran dari kincir akan membangkitkan listrik dari generator yang satu sama lain terhubung dengan *pulley*. Keluaran listrik yang dibangkitkan oleh generator tergantung pada putaran yang dihasilkan oleh kincir. Keluaran tegangan tersebut digunakan untuk menghidupkan lampu. Beberapa sensor digunakan untuk memantau kinerja generator. Sensor membaca arus dan tegangan yang dihasilkan generator, dan jumlah putaran kincir. Aki/baterai digunakan sebagai penyimpan tegangan keluaran dari *generator*. Data hasil pemantauan dibaca melalui mikro Arduino dan *ethernet shield* dan dihubungkan ke komputer melalui koneksi Wi-Fi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tegangan yang keluar dari generator pada saat debit air besar adalah rata-rata 10 Volt. Selanjutnya ditemukan pula bahwa pembangkit mikrohidro dapat menyuplai beban sebesar 5 Watt.

Kata kunci: *mikrohidro, generator, mikrokontroler, pemantauan, wi-fi*

Abstract—This research is motivated by electrical power shutting-down that frequently occurred in Riau province. Low electrical power supply as compared to the need causes lack of supply. Thus, new alternative electrical energy resource such as micro hydro is required. Micro hydro plant is an electrical power generators that uses water to rotate the turbine. This research designs a monitoring system for micro hydro plant. The monitored micro hydro plant employs water turbine that is constructed using bicycle pedal and a water pipe installed on the pedal. The pipe flows the water to energize the turbine. Turbine rotation will generate electricity. The amount of power resulted by generators depends on the number of turbine rotation. The power is used to turn on the lamp. Some sensors are used to monitor generator performance. Current, voltage, and rotation sensors are used to monitor the resulted current, voltage, the turbine rotation respectively. The output power is stored in the battery. The micro Arduino and the ethernet shield capture the monitored data and send it to the computers using Wi-Fi connection. Measurement results show that the output voltage produced by the generator is 10 Volts when the water volume is high. Finally, it is found that the micro hydro generator is able to supply 5 Watts to the load.

Keywords: *micro hydro, generator, microcontroller, monitoring, Wi-Fi*

I. PENDAHULUAN

Mikrohidro atau biasa disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air.

Mikrohidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator. Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Pada dasarnya,

mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (*head*). Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik.

Pemanfaatan energi air untuk pembangkit tenaga listrik sudah banyak dilakukan oleh beberapa negara antara lain Norwegia menghasilkan hampir seluruh listriknya dari hidro, sedangkan Iceland memproduksi 83% dari kebutuhannya, Austria memproduksi 67% dari seluruh listrik yang dihasilkan di negara tersebut. Kanada merupakan penghasil tenaga hidro terbesar dunia dan memproduksi lebih dari 70% listriknya dari sumber hidroelektrik.

Pemantauan PLTMH ini dilakukan agar dapat melihat

berapa tegangan, arus dan kecepatan putaran yang dihasilkan pada alat tersebut. Oleh karena itu kita dapat melihat data-data tersebut dimanapun kita berada selama masih bisa melakukan akses Wi-Fi ke akses poin yang dipasang pada alat tersebut.

II. LATAR BELAKANG

A. Kincir

Kincir air atau biasa dikenal juga dengan turbin air berfungsi untuk memutar poros generator. Menurut sumbu putarnya, turbin air terbagi dua yaitu turbin yang berputar secara vertikal atau turbin yang berputar secara horizontal.

B. Generator

Penggunaan generator DC sebagai pembangkit listrik pada PLTMH dengan kapasitas yang kecil lebih bagus daripada menggunakan generator AC. Mengingat dengan jumlah debit air yang kecil membuat kita memilih menggunakan generator DC. Jika dibandingkan dengan generator AC, generator DC memiliki beberapa keunggulan yang sangat berarti untuk proyek-proyek PLTMH.

Rumus untuk menentukan nilai GGL dari generator dapat dituliskan sebagai berikut:

$$E = 4 \cdot f \cdot f_v \cdot f_w \cdot \Phi \cdot W \quad (1)$$

dimana, E adalah tegangan GGL generator (V); f adalah frekuensi generator (Hz); f_v merupakan faktor efektif yang bernilai 1.111; f_w adalah faktor lilitan (untuk generator fasa tunggal bernilai 0.8 dan untuk generator tiga fasa adalah 0.96); Φ merupakan fluks (garis gaya = 108 maxwell); dan terakhir W adalah lilitan.

C. Pulley

Pulley merupakan tempat sabuk pemindah daya (*belting*) dan digunakan supaya kincir dapat menggerakkan poros generator DC. *Pulley* yang digunakan adalah jenis *pulley* mahkota untuk mengurangi terjadinya slip pada *belting*. Terdapat dua *pulley* pada sistem ini, yaitu *pulley* di poros kincir dan *pulley* di poros generator DC.

D. Aki (baterai)

Umumnya, terdapat dua jenis baterai yaitu *primary cell* dan *secondary cell*. *Primary cell* adalah baterai yang dipakai satu kali dan tidak dapat diisi ulang, sedangkan *secondary cell* adalah baterai yang dapat digunakan berulang kali dan dapat diisi ulang.

E. Sensor Tegangan dan Sensor Arus

Variable tegangan memiliki satuan yaitu V atau Volt yang merupakan standart kelistrikan. Pendeteksi tegangan

sangatlah penting dalam instrumentasi. Hampir semua sensor mengeluarkan keluaran dalam bentuk tegangan dan arus. Sampai saat ini pengukuran tegangan, arus, dan resistansi biasanya menggunakan alat ukur *portable*. Untuk menentukan nilai tegangan digunakan rangkaian pembagi tegangan sebagai sensor dan Sensor arus dengan menggunakan *IC ACS712*.

F. Sensor Optocoupler

Biasanya untuk mendapatkan putaran suatu kincir, digunakan alat ukur digital seperti *Tachometer*. Walaupun dengan tanpa menggunakan alat ukur *portable* tersebut, kita tetap bisa membuat sendiri alat ukurnya. Pada alat ukur ini kita menggunakan *optocoupler* dimana terdiri dari *Light Emitting Diode* (LED) dan *Phototransistor* yang jika terkena cahaya, *phototransistor* akan berkerja.

G. Arduino dan DFRduino Ethernet Shield

Arduino uno adalah sebuah modul yang memiliki komponen komplit berbasis papan mikrokontroler pada ATmega328. *Ethernet Shield* menambah kemampuan Arduino *board* agar terhubung ke jaringan komputer. *Ethernet shield* berbasiskan *chip ethernet Wiznet W5100*.

III. METODE

A. Diagram Blok

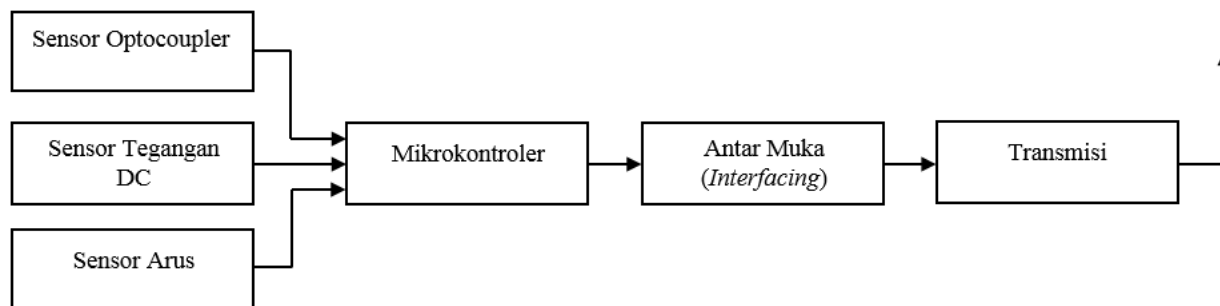
Gambar 1 menunjukkan diagram blok perancangan di dalam pembuatan sistem pemantauan pembangkit listrik mikrohidro.

Diagram blok sistem berguna untuk mempermudah pembuatan alat dan penggunaan software pengolah data sensor. Selain itu, diagram blok berguna untuk mempermudah pembagian kinerja setiap bagian sistem dan pembaca kinerja sistem secara keseluruhan. Pembaca dari semua sensor akan dikirimkan ke mikrokontroler sebelum dikirimkan ke server. Data dari mikrokontroler akan disambungkan ke interface kemudian ditransmisikan dengan cara Wi-Fi dan akses poin.

B. Cara Kerja Alat

Cara kerja alat secara keseluruhan, dari sumber energi hingga data yang didapat dari pengukuran sensor ditampilkan dalam bentuk *web* dapat dijelaskan seperti berikut ini:

1. Generator akan menghasilkan energi listrik dari putaran kincir yang dihubungkan dengan *pulley* dan belt. Tegangan DC tersebut akan disimpan ke baterai sebagai media penyimpanan. Tegangan DC dari baterai akan diubah menjadi tegangan AC menggunakan *inverter* 12 VDC ke 220 VAC.
2. Sensor tegangan DC, arus AC ke beban dan sensor kecepatan putaran akan memberikan data sesuai apa yang terjadi pada daerah penempatan sensor



Gambar 1. Diagram blok perancangan alat

tersebut, data tersebut berupa data tegangan, arus dan kecepatan putaran kincir. Data kemudian diolah oleh Mikrokontroler Arduino.

3. Selanjutnya mikrokontroler akan mengirimkan data dari tiga sensor tersebut menggunakan Wi-Fi.
4. Komputer menerima informasi dan ditampilkan berdasarkan alat pengukur yang terdeteksi dan selanjutnya akan diolah sehingga data tersebut bisa ditampilkan dalam bentuk *web*.

C. Rancangan Blok Pengirim (transmitter)

Blok pengiriman sinyal diilustrasikan pada Gambar 2. Untuk pengiriman data ke *server*, terlebih dahulu sensor membaca bentuk data yang sesuai dengan kegunaannya masing-masing. Mikrokontroler Arduino digunakan untuk pembacaan sensor. Mikrokontroler tersebut akan masuk ke modul *Ethernet shield* sebelum data dikirim dengan menggunakan *access point*.

D. Pengujian Sistem Pemantauan

Pengujian dari sistem pemantauan yang dirancang dibagi menjadi empat bagian, yaitu:

1. Pengujian sensor tegangan, sensor arus dan sensor optocoupler

Pengujian sensor tegangan dengan menggunakan pembagi tegangan. Dimana batas tegangan maksimal untuk sensor ini adalah 12 Volt. Pembagi tegangan ini terdiri dari 2 buah resistor yaitu resistor bernilai 1 k Ω dan 1.4 k Ω . Tegangan input (V_m) merupakan tegangan masukan dari Arduino. Tegangan yang berasal dari Arduino adalah sebesar 5 Volt. Kemudian saat program dari sensor tegangan dijalankan maka mikrokontroler akan membaca tegangan yang didapat.

Pengujian sensor arus dengan menggunakan modul ACS712. Modul ini memang diperuntukan untuk pembacaan arus. Arus yang dibaca pada makalah ini adalah arus AC keluaran dari *inverter*. Untuk menghitung arus pada sebuah rangkaian, harus memerlukan beban untuk mendapatkan data arusnya. Beban yang digunakan adalah lampu 5 Watt satu buah. Cara mendapatkan datanya yaitu dengan cara memutus rangkaian dari keluaran *inverter* dengan masukan lampu. Kemudian kita

sambungkan sensor arus dibagian tersebut. Sensor arus tersebut terpasang seri antara keluaran *inverter* dan lampu.

Pengujian sensor putaran kincir (rpm) menggunakan optocoupler yang terdiri dari LED dan *phototransistor*. Piringan VCD yang dicat hitam dan telah dilobangi diletakan di bagian besi luar sumbu kincir. Jadi saat kincir berputar, piringan VCD tersebut juga akan berputar. Saat piringan VCD tersebut berputar akan melewati bagian tengah pada optocoupler.

2. Respon perubahan tegangan dengan beban yang berbeda

Pengujian dilakukan dengan memberikan *inverter* beban dengan nilai yang berbeda-beda yaitu beban berupa bola lampu 0 Watt, 5 Watt, 15 Watt, 25 Watt dan 45 Watt. Perubahan nilai tegangan diamati dengan menggunakan multimeter digital.

3. Perbandingan tegangan keluaran, arus keluaran dan daya keluaran generator dengan beban resistor

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berapa tegangan dan arus yang diberi beban berupa resistor yang keluar dari generator. Untuk menentukan nilai tegangan diukur menggunakan voltmeter, sedangkan arus diukur langsung dengan menempatkan amperemeter secara seri ke generator DC. Keluaran generator diberi resistor 10 k Ω , 1 k Ω , 560 Ω , dan terakhir 10 Ω .

4. Respon nilai tegangan dan frekuensi keluaran *inverter*

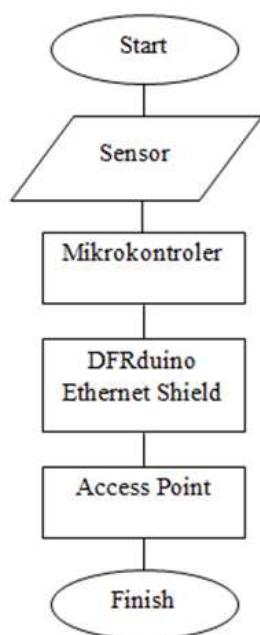
Pengujian ini dilakukan untuk melihat respon keluaran tegangan dan daya *inverter* sebagai perangkat pengkonversi tegangan DC ke AC. Pengujian dilakukan dengan melihat output tegangan dan frekuensi *inverter* tanpa beban pada osciloskop dengan cara mengubah-ubah nilai input tegangan *power supply* untuk mensimulasikan perubahan nilai tegangan pada baterai sebagai *supply power inverter*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran dan pengujian dari bagian III dibahas dan dianalisis pada bagian ini.

A. Hasil Pengujian Sensor Tegangan, Sensor Arus dan Sensor Optocoupler (RPM)

Hasil pengujian dari sensor tegangan, arus dan *optocoupler* diberikan pada Tabel 1. Dari data tersebut



Gambar 2. Diagram alir sistem transmisi

dapat dilihat pengaruh kecepatan kincir terhadap tegangan yang dihasilkan. Semakin banyak putaran yang didapat, maka tegangan yang didapat juga akan semakin besar. Hal ini seharusnya terjadi karena ketika putaran putaran kincir semakin kencang, maka putaran pembangkit dari generator akan semakin kencang sehingga tegangan dari generator akan menghasilkan tegangan yang semakin besar pula. Kemudian data dari sensor arus seharusnya bernilai tetap. Walaupun nilai tegangan dan jumlah putaran semakin besar. Hal ini karena tegangan yang digunakan adalah tegangan keluaran dari baterai. Selama tegangan dari baterai maksimal dan tetap, maka data yang didapat akan tetap sama.

Tabel 1. Data ketiga sensor

Sensor putaran kincir (RPM)	Sensor Tegangan (Volt)	Sensor Arus (Amp)
37	3.51	0.37
64	3.49	0.36
74	3.44	0.35
111	3.52	0.35
148	3.57	0.34
185	3.56	0.36

Tabel 2. Perubahan tegangan dengan beban berbeda

Beban	Perubahan Tegangan (VAC)
0	185
5	168
15	154
25	137
45	46.5

Tabel 3. Perbandingan tegangan keluaran, arus keluaran, dan daya keluaran generator dengan beban resistor

Resistor Beban Generator DC (Ohm)	Tegangan Rata-rata Generator (V DC)	Arus Rata-rata (A AC)
10 k	8.1	0.00094
1 k	7.4	0.009
560	7.17	0.0164
10	-	-

Tabel 4. Respon nilai tegangan dan frekuensi keluaran inverter

Display Power Supply (Volt DC)	Nilai Tegangan Keluaran (Volt AC)	Nilai Frekuensi (Hz)
4.2	40	1.13128 k
4	8	1.125 k
11.5	2	1.114 k
11	1	322 k

B. Respon Perubahan Tegangan dengan Beban yang Berbeda

Tabel 2 menunjukkan data hasil pengujian daya *inverter* beban yang berbeda. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar nilai beban yang diberikan maka perubahan nilai tegangan akan semakin besar. Sehingga untuk beban efektif yang dapat disuplai *inverter* adalah beban 5 Watt dengan mempertimbangkan perubahan nilai tegangan $\pm 5\%$ dari 220 VAC (standar PLN).

C. Perbandingan Tegangan, Arus dan Daya Keluaran Generator dengan Beban Resistor

Hasil pengukuran tegangan, arus dan daya keluaran generator dengan beban resistor ditunjukkan pada Tabel 3. Tegangan keluaran dari generator diberikan beban berupa resistor. Dengan adanya resistor akan didapatkan nilai arus. Pada pengukuran ini tidak menggunakan sensor tapi langsung dengan menggunakan voltmeter dan amperemeter. Dapat dilihat terjadi perubahan angka yang berbeda setiap beban resistor yang berbeda. Semakin kecil nilai beban resistor, maka arus yang didapatkan akan semakin besar. Kemudian pada saat beban 10 ohm, data dari tegangan dan arus tidak dapat dibaca. Hal ini karena nilai resistor yang kecil membuat rangkaian seakan-akan terhubung singkat.

D. Respon Nilai Tegangan dan Frekuensi Keluaran Inverter

Tabel 4 menunjukkan respon nilai tegangan dan frekuensi keluaran *inverter* dengan tegangan masukan berasal dari *power supply* yang diasumsikan sebagai tegangan dari baterai. Pada Tabel 4 tegangan awal diambil adalah saat 4.2 Volt. Hal ini dilakukan karena saat memasukan tegangan input sebesar 12 Volt, sinyal keluaran pada *oscilloscope* tidak dapat mengeluarkan

sinyal dengan bentuk yang bagus dan dapat dilihat (terlalu besar) walau sudah merubah volt/div dan time/div.

V. KESIMPULAN

Makalah ini membahas perancangan dan pengujian/pengukuran suatu sistem pemantauan mikrohidro. Pada sistem yang dirancang, pengukuran sensor arus, tegangan dan kecepatan putaran kincir dapat dilakukan dengan baik. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tegangan yang keluar dari generator pada saat debit air besar adalah rata-rata 10 Volt. Selanjutnya ditemukan pula bahwa

pembangkit mikrohidro ini sesuai untuk menyuplai beban sebesar 5 Watt.

REFERENSI

- [1] Khairul, Amri, Kajian potensi pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Sungai Air Kule Kabupaten Kaur, Universitas Bengkulu, Jakarta, 2009.
- [2] E. C. Lister, Mesin dan Rangkaian Listrik, Erlangga, Jakarta, 1993.
- [3] Maeza, Ichsan, Prototyepe Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Politeknik Caltex Riau, 2012.